RENDICONTI DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI
Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali
Estratto dal vol. XII, 1° sem., serie 5ª, fasc. 6°. — Seduta del 15 marzo 1903.

SULLA PRODUZIONE DEI RAGGI DI FORZA ELETTRICA

A POLARIZZAZIONE CIRCOLARE OD ELLITTICA

NOTA

DI

ALESSANDRO ARTOM

ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI
PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI
1903

Fisica. — *Sulla produzione dei raggi di forza elettrica a polarizzazione circolare od ellittica.* Nota di ALESSANDRO ARTOM, presentata dal Corrispondente GUIDO GRASSI.

1. I metodi attualmente conosciuti per produrre raggi di forza elettrica a polarizzazione rotatoria si basano sulle analoghe esperienze di ottica, cioè sui fenomeni di riflessione metallica, di riflessione totale, di rifrazione doppia.

Il prof. Righi [1] ottenne per primo nel 1893 raggi a polarizzazione ellittica mediante riflessione da lastre metalliche di raggi di forza elettrica

[1] A. Righi, *L'ottica delle oscillazioni elettriche.*

e più tardi Zehnder [1] li ottenne servendosi di reticoli metallici incrociati. Così pure tali fenomeni furono constatati quando raggi di forza elettrica attraversavano grosse tavole di legno, o cristalli, od un fascio di fibre di juta, dal Righi, dal Garbasso, dal Bose.

2. Le oscillazioni elettriche essendo ormai entrate nel campo delle applicazioni, mi parve utile il cercare una disposizione sperimentale che permettesse la produzione diretta di raggi di forza elettrica a polarizzazione ellittica o circolare.

I metodi a cui ho sommariamente accennato, male si adattano invero per oscillazioni a grande lunghezza d'onda. Per ottenere vibrazioni ellittiche coi fenomeni della rifrazione doppia, occorse ad esempio [2] che i raggi a vibrazioni rettilinee di lunghezza d'onda di circa cm. 10,7 attraversassero tavole di abete dello spessore di cm. 13,7.

In queste condizioni l'energia elettrica e la magnetica delle vibrazioni emergenti riesce così diminuita, da non potere generalmente constatare tutte le proprietà fisiche che la teoria prevede per tali onde, così gli effetti dei campi ruotanti ad un tempo elettrici e magnetici.

3. Il metodo che forma oggetto della presente Nota, si basa sulla composizione di due oscillazioni elettriche ortogonali, di uguale ampiezza, di ugual frequenza, e spostate fra di loro di un quarto di periodo.

Il prof. Righi [3] ha infatti analiticamente dimostrato che la composizione di due oscillazioni elettriche, le quali soddisfacciano alle condizioni sovra esposte, deve dar luogo alla produzione di oscillazioni a polarizzazione rotatoria, e più precisamente, quando le condizioni teoriche sono perfettamente raggiunte, devono aversi raggi di forza elettrica a polarizzazione circolare nella direzione dell'asse di simmetria normale al piano in cui si compiono le oscillazioni elettriche.

Basandomi sopra tale teorema di analisi, mi sono proposto di produrre direttamente le onde a polarizzazione rotatoria, il che finora non era stato ottenuto.

Ho perciò applicato a questa ricerca una delle proprietà dei circuiti percorsi da corrente alternativa che serve per la produzione dei campi magnetici rotanti: dimostrerò in seguito che tale proprietà può con sufficiente approssimazione estendersi al caso dei circuiti percorsi dalle correnti oscillatorie.

Si abbiano due tratti MN, NP (fig. 1) di uno stesso circuito percorso da corrente alternativa. Si può fare in modo che i due tratti MN ed NP

[1] L. Zehnder, Wied. Annalen, 1894.
[2] A. Righi, loc. cit.
[3] A. Righi, loc. cit.

siano percorsi da correnti di stessa intensità efficace $I_a = I_b$, ma spostate di fase di $\frac{\pi}{2}$ col disporre in parallelo colla seconda spirale NP un condensatore C il cui valore dipende dagli elementi elettrici del circuito.

Sono notorie le condizioni analitiche perchè tale risultato sia conseguito ([1]). Indichiamo infatti con I_a, I_b, I_c le intensità efficaci delle correnti
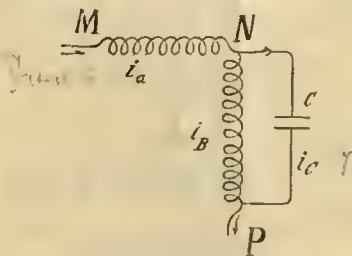
Fig. 1.

nei tratti MN, NP, NCP, con V la differenza di potenziale agli estremi di NP e costruiamo la rappresentazione vettoriale (fig. 2). Se con OV si
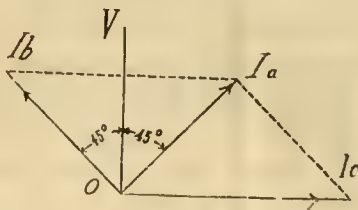
Fig. 2.

rappresenta la differenza di potenziale efficace V, la I_c dovrà essere rappresentata con un segmento I_c condotto in precedenza di 90° e di valore $2\pi n CV$. Avremo:

$$I_b = \frac{V}{\sqrt{r_2^2 + 4\pi^2 n^2 L_2^2}}$$

se r_2, L_2 sono la resistenza ohmica e l'autoinduzione competente al tratto NP. La I_b sarà inoltre in ritardo per effetto dell'autoinduzione rispetto a V del-

([1]) L. Lombardi, *Lezioni di elettrotecnica.*

l'angolo:

$$\operatorname{arctg} \frac{2\pi n L_2}{r_2}.$$

Se

(1) $$2\pi n L_2 = r_2$$

quest'angolo è di 45°.

Dalla figura si vede ancora che la I_a risultante di I_b, I_c, diventerà in valore efficace eguale alla I_b e sarà spostata di 90° rispetto ad essa quando:

$$I_c = 2 I_b \cos 45^\circ$$

ossia allorchè:

$$2\pi n C V = \frac{2V}{\sqrt{r_2^2 + 4\pi^2 n^2 L_2^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

od anche per la (1) quando:

(2) $$4\pi^2 n^2 L_2 C = 1$$

Per la (2) il circuito NCP deve soddisfare allo condizioni di sincronismo o di risonanza. Soddisfacendo alle (1) o (2), il campo prodotto dallo I_a ed I_b è un campo rotante se i flussi da esse prodotti sono ortogonalmente disposti.

4. Siano ora M, N, P tre conduttori di scarica disposti sopra i vertici di un triangolo rettangolo a cateti uguali ed appartenenti ad uno stesso circuito di scarica di un rocchetto di induzione o di una macchina elettrostatica (fig. 3).
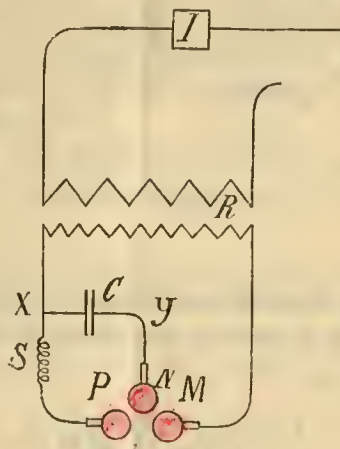
Fig. 3.

Se ammettiamo, come generalmente si ritiene per semplificazione di calcolo, che la scarica possa essere rappresentata da legge sinusoidale, noi potremo per analogia con quanto sopra si disse, far in modo che le oscillazioni

che si compiono fra MN, NP abbiano ugual ampiezza e siano spostate di faso di 90° soddisfacendo alle sopraccennate condizioni (1) e (2), le quali, come si dimostrerà, possono estendersi al caso delle correnti di scarica.

Si disponga infatti anche qui in parallelo colla NP una capacità C ed in serie una autoinduzione S. La relaziono (2) è quella stessa che serve per le scariche oscillatorie, quindi può legittimamente ad esse applicarsi.

La condizione rappresentata dalla (1), se ha grande importanza nel caso di correnti alternative industriali, qui deve ridursi ad avere minima importanza, sopratutto perchè la scarica fra i conduttori N e P si mantenga oscillatoria. Infatti conviene qui far in modo che il valore di r_2 sia per la maggior parte rappresentato dalla resistenza ohmica della scintilla, la quale nelle condizioni ordinarie si mantiene sui 0,80 ohm [1]. Il valore di $L_2 = \frac{r_2}{2\pi n}$ per frequenze altissime risulterà pure piccolissimo.

L'impiego dolla (1) può quindi farsi con buona approssimazione anche se la legge della scarica differisce dalla sinusoidale.

Soddisfacendo quindi alle (1) e (2) le quali ci aiutano nel proporzionare gli elementi del circuito, noi veniamo a porre in presenza, e quindi a trovarci nelle condizioni richieste dalla teoria, due scariche di uguale ampiezza (se si adattano bene gli olementi del circuito ritenendo che C ed L_2 risultano goneralmente di piccolo valore) dello quali l'una MN può considerarsi dovuta ad un circuito primario di oscillatore, l'altra NP può considerarsi provenire da un risonatore perfettamente accordato [2].

5. Mi proposi di verificare se il campo prodotto da queste due oscillazioni elettriche possedeva le proprietà che la teoria gli attribuisce e fondai le ricerche sui due criterî soguenti procurando di riconoscere:

1°) se in questo campo si manifestavano gli effetti dei campi magnotici od elettrici rotanti previsti dalla teoria del prof. Righi;

2°) se le scintille di risonatori rettilinei mantenevano le intensità secondo le leggi dello vibrazioni ellittiche o circolari facendo rotare i risonatori nei diversi azimut.

Entrambe le verificho sperimentali furono eseguite con risultato assai netto e positivo. Sugli effetti dovuti a campi magnetici rotanti limitai per ora i tentativi di verifica all'osservare le correnti indotte in questo campo sopra dei solenoidi in esso sospesi in varie direzioni.

Non estesi per ora le mio ricerche a constatare effetti meccanici rotatorî sopra piccoli cilindri metallici, perchè notoriamente gli effetti della isterèsi magnetica si annullano per altissime frequenze.

[1] A. Battelli e L. Magri, *Sulle scariche oscillatorie*.

[2] Lo condizioni sperimentali possono essere ancho meglio raggiunte aggiungendo due sfere ausiliarie collegate cogli estremi del secondario del rocchetto: i conduttori M, N, P rimangono così isolati dai detti estremi.

Furono invece nettamente riconosciuti gli effetti dei campi elettrici rotanti. Disposte nelle vicinanze, anzi con campi abbastanza alti prodotti da un buon rocchetto alimentato ad 80 volt e 5 ampère circa e con interruttore Wehnelt o di altro tipo, anche a distanza di venti o trenta cm. dall'oscillatore, delle leggere campanelle di vetro appoggiate sopra finissime punte pure di vetro, esse prendono a rotare. Per veder meglio il fenomeno può convenire scegliere forme particolari di conduttori di scarica, così orientati da evitare che avvengano scariche parassite fra i conduttori estremi M, P.

Se si invertono le comunicazioni in modo da avere il circuito risonatore fra MN invece che fra NP, le campanelle assumono rotazione in senso contrario. Questa proprietà dell'invertirsi del senso di rotazione, nettamente distingue i fenomeni dovuti a questa particolare disposizione di circuito da altri fenomeni rotatorî di carattere non ben definito prodotti dalle scintille.

La rotazione delle campanelle si rende pure evidente quando esse vengano coperte o racchiuse ontro recipienti di vetro o di sostanza isolante.

La rotazione era pure avvertita con piccoli cilindri costituiti di una miscela di paraffina e limatura di ferro al 10 °/₀ circa.

L'esperienza riesce assai netta, come prova dell'esistenza di un campo elettrico rotante (¹), scegliendo per piano delle scintille il piano orizzontale ed osservando la rotazione delle campanelle, che preferibilmente possono essere collocate in piani più bassi di quello dell'oscillatore, attorno ad assi verticali. Con questa disposizione quindi possono essere constatate le rotazioni elettrostatiche dei dielettrici sotto l'azione di campi rotanti di alta frequenza.

6. Se si fanno rotare risonatori rettilinei attorno ai diversi assi, si nota la persistenza delle scintille. La verifica fu particolarmente eseguita facendo rotare i risonatori attorno all'asse di simmetria condotto normalmente al piano delle scintille. Anzi, coll'aiuto di reticoli analizzatori e di risonatori, si riesce a paragonare le ampiezze delle due oscillazioni.

7. Il fenomeno fu verificato nelle sue linee generali in un lunghissimo periodo di esperienze.

Tenendo conto dello spegnimento delle oscillazioni, è naturale il ritenere che il campo elettromagnetico prodotto da questa particolare disposizione di oscillatore risulti assai complesso.

Però coll'aggiunta di antenne o conduttori aerei può essere conferita al campo maggior regolarità pel fatto che è possibile coll'adottare due antenne di ugual lunghezza di produrre onde sensibilmente di ugual lunghezza.

Di più la disposizione è di grande importanza nelle segnalazioni elettromagnetiche attraverso allo spazio (²).

(¹) R. Arnò, R. Acc. dei Lincei, 1892.

(²) Questa disposizione è protetta da brevetti di privativa in Italia 1° ottobre 1902 e presso le principali nazioni.

Si congiungano o direttamente, oppure coll' intermediario di rocchetti di mutua induzione, rispettivamente le sfere M ed N con due conduttori o meglio con due sistemi di conduttori aerei di ugual lunghezza le cui direzioni stiano fra loro a 90°. Con questa posizione rispettiva, non sono anzitutto a temersi sensibilmente gli effetti di annullamento delle azioni a distanza per induzione mutua fra i due conduttori.

Per le condizioni sovra esposte i due conduttori aerei ortogonali fra loro diventano sede di oscillazioni di ugual ampiezza e spostate di $\frac{\pi}{2}$.

La composizione di queste due oscillazioni darà quindi luogo alla generazione di onde elettromagnetiche a polarizzazione rotatoria, od ancora in altri termini, alla produzione di campi rotanti ad un tempo elettrici e magnetici, fra i quali saranno circolari quelli che si propagano nella direzione dell' asse di simmetria passante pel punto di concorso delle due antenne e normale al piano di esse.

Questa disposizione di circuito oscillatore è suscettibile di maggior generalità, perchè come è noto si potrebbero ottenere campi rotanti anche, pur essendo uguali le ampiezze, se la differenza di fase fosse φ invece di $\frac{\pi}{2}$. Basterà disporre le antenne in modo che fra loro facciano angolo di $\pi - \varphi$ per produrre ancora oscillazioni a polarizzazione rotatoria.

8. La disposizione di circuito oscillatore descritta in questa Nota parmi potrà pure essere di utile contributo nella soluzione del problema della costruzione di apparecchi sintonici. È infatti possibile scegliere per ciascuna stazione le quantità caratteristiche C ed L_2. Anzi con queste disposizioni due altri elementi fisici potrebbero essere assunti:

1°) la differenza di fase fra le due oscillazioni col variare il valore di L_2;

2°) la differenza di lunghezza d'onda entro certi limiti delle due oscillazioni col fare le aste di lunghezza diversa.

Quest' applicazione del principio del campo rotante ai circuiti percorsi da oscillazioni elettriche, parmi pure potrebbe utilmente servire per esperimenti didattici e possa essere feconda di applicazioni pratiche [1].

Mi reco a dovere di porgere al prof. Guido Grassi, Direttore della Scuola elettrotecnica Galileo Ferraris, i più sentiti ringraziamenti per i sapienti consigli di cui mi ha così cortesemente onorato nel corso di queste ricerche.

[1] Questa disposizione, completata da particolari costruttivi che la pratica ha suggerito, fu esperimentata nel Golfo di Spezia con esito conforme alle previsioni.